

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AA

(11)Publication number : 10-112688  
(43)Date of publication of application : 28.04.1998

(51)Int.Cl. H04B 10/152  
H04B 10/142  
H04B 10/04  
H04B 10/06  
H03M 7/04  
H04B 10/28  
H04B 10/26  
H04B 10/14  
H04B 10/00  
H04L 25/497

(21)Application number : 09-004203 (71)Applicant : NEC CORP  
(22)Date of filing : 14.01.1997 (72)Inventor : ONO TAKASHI  
YANO TAKASHI  
FUKUCHI KIYOSHI

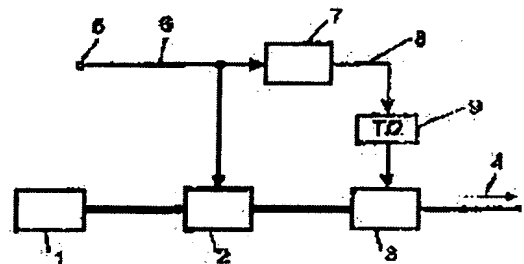
(30)Priority  
Priority number : 08216432 Priority date : 16.08.1996 Priority country : JP

## (54) GENERATION METHOD FOR DUO BINARY SIGNAL AND OPTICAL TRANSMITTER

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the generation method of duo binary signals modulatable by binary electric signals and an optical transmitter.

SOLUTION: A semiconductor laser 1, a light intensity modulator 2 and a optical phase modulator 3 are cascade-connected. Data signals 6 are branched into two, one is inputted to the light intensity modulator 2 and signal light 4 outputted from the semiconductor laser 1 is intensity-modulated. The other data signal of the ones branched into two is inputted to a precoder 7. The precoder 7 performs code conversion by the logic that output is inverted from '0' to '1' or '1' to '0' when the inputted data signal 6 is '0' and the output is not changed when the inputted data signal 6 is '1'. After the output of the precoder 7 is delayed for 0.5 bit, the intensity-modulated signal light 4 is phase-modulated. The signal light 4 to which both modulation of the intensity modulation and phase modulation is performed is provided with the feature of light duo binary signal light that 'a phase is inverted at the intermediate point of one time slot when the amplitude of the light is '0'.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.01.1997

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-112688

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/152

H 0 4 B 9/00

L

10/142

H 0 3 M 7/04

10/04

H 0 4 L 25/497

10/06

H 0 4 B 9/00

Y

H 0 3 M 7/04

B

審査請求 有 請求項の数24 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-4203

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月14日

東京都港区芝五丁目7番1号

(31) 優先権主張番号 特願平8-216432

(72) 発明者 小野 隆志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(32) 優先日 平8(1996) 8月16日

(72) 発明者 矢野 隆

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 福知 清

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

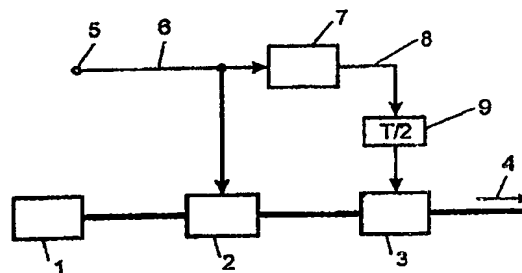
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 デュオバイナリ信号の生成方法および光送信装置

(57) 【要約】

【課題】 2値電気信号で変調することのできるデュオバイナリ信号の生成方法及び光送信装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ1と光強度変調器2と光位相変調器3を縦続に接続する。データ信号6を2分岐して一方は光強度変調器2に入力して、半導体レーザ1から出力する信号光4を強度変調する。2分岐したもう一方のデータ信号6はプリコーダ7に入力する。このプリコーダ7は、入力されたデータ信号6が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力されたデータ信号6が1の時には出力が変化しないという論理で符号変換する。プリコーダ7の出力を0.5ビット遅延させた後、前記強度変調された信号光4を位相変調する。この強度変調と位相変調との両方の変調がなされた信号光4は、「光の振幅が0の時に、1タイムスロットの間で位相が反転する」という光デュオバイナリ信号光の特徴を有する。



1: 半導体レーザ

2: 光強度変調器

3: 光位相変調器

4: 信号光

5: データ入力端子

6: データ信号

7: プリコーダ(符号化器)

8: 符号化されたデータ信号

9: 0.5ビット遅延器

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】搬送波の強度と位相とを別々に変調することを特徴とするデュオバイナリ信号の生成方法。

【請求項2】前記強度が0のとき、前記位相が $\pi$ シフトするように変調することを特徴とする請求項1に記載のデュオバイナリ信号の生成方法。

【請求項3】信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコーダと、前記プリコーダの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光を位相変調する光位相変調器とを有することを特徴とするデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項4】前記プリコーダは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする請求項3に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項5】前記レーザデバイスと前記光強度変調器と前記光位相変調器の光デバイスのうち、少なくとも2つが集積されていることを特徴とする請求項3に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項6】前記第1のデータ信号を波形イコライザによって波形を変形させた後前記光強度変調器に入力することを特徴とする請求項3に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項7】前記光強度変調器と前記光位相変調器の光デバイスのうち、少なくとも1つがプッシュプル型光変調器であることを特徴とする請求項3に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項8】前記光強度変調器と前記光位相変調器との縦続接続の順番を逆にしたことを特徴とする請求項3に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項9】データ信号を2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコーダと、前記プリコーダの出力を0.5ビット遅延させた後入力する直接変調位相シフトキーイング符号化器と、前記直接変調位相シフトキーイング符号化器の出力に応じて注入電流が変調されることにより位相変調された信号光を出力するレーザデバイスと、前記2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記位相変調された信号光を強度変調する光強度変調器とを有することを特徴とするデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項10】前記プリコーダは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする請求項9に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項11】前記直接変調位相シフトキーイング符号

化器は、入力された前記プリコーダの出力が0から1へ、または1から0へと変化があったときのみ、1タイムスロットより短いパルス幅のパルスを出力することを特徴とする請求項9に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項12】周波数の等しい2つの搬送波を用意し、第1、第2の強度変調器で前記2つの搬送波をそれぞれ別々に強度変調し、前記強度変調された2つの搬送波の位相差が $\pi$ となるように合波することを特徴とするデュオバイナリ信号の生成方法。

【請求項13】信号光を出力するレーザデバイスと、前記信号光を2分岐する光分岐器と、前記2分岐された第1の信号光を入力する第1の光強度変調器と、前記2分岐された第2の信号光を入力する第2の光強度変調器と、第1の光強度変調器の出力光と第2の光強度変調器の出力光との位相差が $\pi$ となるように少なくともどちらか一方の出力光の位相をシフトさせた後合波する光合波器と、データ信号を入力するプリコーダを有し、前記プリコーダから出力される符号化信号を2分岐して生成した第1の符号化信号で前記第1の光強度変調器を駆動し、前記符号化信号を2分岐して生成した第2の符号化信号を1ビット遅延させた後0と1とを互いに反転した信号で前記第2の光強度変調器を駆動することを特徴とするデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項14】前記プリコーダは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする請求項13に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項15】前記第1と第2の光強度変調器のうち、少なくとも1つがプッシュプル型光変調器であることを特徴とする請求項13に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項16】信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコーダと、前記プリコーダの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光を位相変調する光位相変調器とを有し、前記光強度変調器の動作点を変化させて前記信号光の波形を変化させることを特徴とするデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項17】請求項16に記載のデュオバイナリ方式光送信装置であって、光のスペクトルを測定する手段と、前記スペクトル測定手段から出力される測定データからスペクトル幅を算出する手段と、前記光強度変調器の動作点を制御する手段とを備え、前記スペクトル幅が最小となるように前記制御手段により前記光強度変調器の動作点を制御することを特徴とする請求項16記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

10

20

30

40

50

【請求項18】信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコーダと、前記プリコーダの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光を位相変調する光位相変調器とを有し、前記第1のデータ信号を非線形電気回路を通して波形を変化させることを特徴とするデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項19】請求項18に記載のデュオバイナリ方式光送信装置であって、出力光のスペクトルを測定する手段と、前記スペクトル測定手段から出力される測定データからスペクトル幅を算出する手段と、前記非線形電気回路に入力する前記第1のデータ信号のバイアスを制御する手段とを備え、前記スペクトル幅が最小となるように前記バイアス制御手段により前記バイアスを制御することを特徴とする請求項18記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項20】搬送波の強度と偏波とを別々に変調することを特徴とするデュオバイナリ信号の生成方法。

【請求項21】前記強度が0のとき、前記偏波が変化するように変調することを特徴とする請求項20に記載のデュオバイナリ信号の生成方法。

【請求項22】信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコーダと、前記プリコーダの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光の偏波を偏波変調する光偏波変調器とを有することを特徴とするデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項23】前記プリコーダは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする請求項22に記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【請求項24】前記偏波変調器は、光位相変調器で構成されており、前記強度変調された信号光の偏波の主軸方向が前記光位相変調器の光学軸に対して45度となるように入射することにより偏波変調を行うことを特徴とする請求項22記載のデュオバイナリ方式光送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】2値電気信号で変調することのできるデュオバイナリ信号の生成方法とこれを用いたデュオバイナリ方式光送信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、光ファイバの波長分散による波形劣化に対して強い光伝送方式として、光デュオバイナリ方式が注目されている。デュオバイナリ方式自体の研究

は古く、同軸ケーブルを用いたパルス通信の時代には理論体系が確立された。デュオバイナリ方式は伝送する2値のデータ信号を、振幅方向に冗長度を持たせて3値にマッピングすることにより、信号帯域（スペクトル幅）を1/2以下に狭めて伝送するというものである。スペクトル幅が狭いので分散などによる波形劣化を受けにくいという利点を持つ。しかしながら、受信器において、3値信号を取り扱うために受信回路に線形性が要求されることや、3値信号から元の2値データ信号を復調する復号化器が必要であることなどから、高速の光通信ではこれまで注目されていなかった。

【0003】これに対して、最近、光の位相に冗長度を持たせた光デュオバイナリ方式が報告されているアイイーイー・フォトニクス・テクノロジー・レターズ：(IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS)第7巻10号、1219-1221頁参照(A. J. Price et al., "210km Repeaterless 10Gb/s Transmission Experiment Through Nondispersion-Shifted Fiber Using Partial Response Scheme", 1995)。

【0004】この従来技術で用いられている光送信器の構成を図4に示す。2値のデータ信号を、クロック周波数の0.25倍程度のローパスフィルタ（理想的にはコサイン・ロールオフ・フィルタ）に通す。この極端な帯域制限により符号間干渉が発生し、2値データ信号は3値データ信号に変換される。2値反転データ信号も同様に3値に変換した後、プッシュプル光変調器に半波長電圧 $V_\pi$ と等しい振幅でそれぞれ入力される。プッシュプル光変調器はマッハツエンダ(MZ)干渉計の両方のアームに変調端子がつけられたもので、不要なチャープ（位相変化）が発生しない。この方法では、3値電気信号(-1, 0, 1)を、プッシュプル光変調器の電圧対消光特性の山(ON)、谷(OFF)、1つとなりの山(ON)にくるようにバイアス電圧を調整してある。この結果、光の振幅と位相を(A,  $\phi$ )とすると、(1, 0)、(0, 不定)、(1,  $\pi$ )の3つの状態にデータ信号をマッピングしたことになる、光デュオバイナリ信号光を生成することができる。この3値信号光は、光検出器で直接検波受信すると、位相情報が2乗検波の効果により消えるため、そのまま1と0の2値信号に復号される利点を持つ。これは、一般に広く用いられている直接検波光受信器がそのまま使用できるということであり、デュオバイナリ方式が再び注目されてきた理由の一つでもある。

【0005】また別の光デュオバイナリ方式が、特開平8-139681号公報に記載されている。これを図18を用いて説明する。

【0006】2値の伝送データ信号50は、符号変換回

路51で3値デュオバイナリ信号に変換される。符号変換回路51では、まず排他論理回路26と1ビット遅延回路27で構成されるプリコーダ52によって符号変換が行われ、その後1ビット遅延器27と加算器54で構成される2値-3値変換回路53でデュオバイナリ信号を生成する。デュオバイナリ信号は2分岐され、分岐された第1の信号は、振幅調整回路55、バイアス調整回路56を通して光変調器58の第1の入力端子に入力される。分岐された第2の信号は、反転回路57、振幅調整回路55を通して光変調器58の第2の入力端子に入力される。光変調器58はマツハツェンダ型光強度変調器で、2つの光導波路に前記第1および第2の信号をそれぞれ印加して、光源1からの光を変調することで光デュオバイナリ信号を生成する。

【0007】2つの電気信号が光変調器58の半波長電圧( $V_{\pi}$ )となる振幅で入力し、信号のバイアス点を図19に示す変調器の透過特性59の(a)点に設定すると、デュオバイナリ信号60の中央値は最小光透過状態に、最小値と最大値は最大光透過状態に割りあてられ、また最小値と最大値の間では光の位相が180度反転する。この結果、電気信号の3レベルは光の3つの状態に割りあてられて、変調光のスペクトルが狭窄化する。この方式は図4に示した技術に用いられるローパスフィルタを2値-3値変換回路53に置き換えたものと等価な構成となっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の方法では、光変調器を駆動する電気信号が3値であり、変調器ドライバンプに線形性が要求される。通常、ドライバンプは5V<sub>p-p</sub>以上の高出力特性が要求されるため、線形性との両立は回路設計上、非常に難しいという問題があった。

【0009】本発明の目的は、2値の電気信号で変調できるデュオバイナリ信号の生成方法とデュオバイナリ方式光送信装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題点を解決するために、搬送波の強度と位相とを別々に変調することを特徴とする。

【0011】また、前記強度が0のとき、前記位相が $\pi$ シフトするように変調することを特徴とする。

【0012】信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコーダと、前記プリコーダの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光を位相変調する光位相変調器とを有することを特徴とする。

【0013】また、前記プリコーダは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から

0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする。デュオバイナリ方式は伝送する2値信号を光の振幅と位相を(A、 $\phi$ )として(1、0)、(0、不定)、(1、 $\pi$ )の3つの状態に冗長度をもたせてマッピングして伝送する方式をいう。

【0014】また、前記レーザデバイスと前記光強度変調器と前記光位相変調器の光デバイスのうち、少なくとも2つが集積されていることを特徴とする。

【0015】また、前記第1のデータ信号を波形イコライザによって波形を変形させた後前記光強度変調器に入力することを特徴とする。

【0016】また、前記光強度変調器と前記光位相変調器の光デバイスのうち、少なくとも1つがプッシュプル型光変調器であることを特徴とする。

【0017】また、前記光強度変調器と前記光位相変調器との縦続接続の順番を逆にしたことを特徴とする。

【0018】データ信号を2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコーダと、前記プリコーダの出力を0.5ビット遅延させた後入力する直接変調位相シフトキーイング符号化器と、前記直接変調位相シフトキーイング符号化器の出力に応じて注入電流が変調されることにより位相変調された信号光を出力するレーザデバイスと、前記2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記位相変調された信号光を強度変調する光強度変調器とを有することを特徴とする。

【0019】また、前記プリコーダは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする。

【0020】また、前記直接変調位相シフトキーイング符号化器は、入力された前記プリコーダの出力が0から1へ、または1から0へと変化があったときのみ、1タイムスロットより短いパルス幅のパルスを出力することを特徴とする。

【0021】周波数の等しい2つの搬送波を用意し、第1、第2の強度変調器で前記2つの搬送波をそれぞれ別々に強度変調し、前記強度変調された2つの搬送波の位相差が $\pi$ となるように合波することを特徴とする。

【0022】また、信号光を出力するレーザデバイスと、前記信号光を2分岐する光分岐器と、前記2分岐された第1の信号光を入力する第1の光強度変調器と、前記2分岐された第2の信号光を入力する第2の光強度変調器と、第1の光強度変調器の出力光と第2の光強度変調器の出力光との位相差が $\pi$ となるように少なくともどちらか一方の出力光の位相をシフトさせた後合波する光合波器と、データ信号を入力するプリコーダを有し、前記プリコーダから出力される符号化信号を2分岐して生成した第1の符号化信号で前記第1の光強度変調器を駆動し、前記符号化信号を2分岐して生成した第2の符号

化信号を1ビット遅延させた後0と1とを互いに反転した信号で前記第2の光強度変調器を駆動することを特徴とする。

【0023】また、前記プリコードは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする。

【0024】また、前記第1と第2の光強度変調器のうち、少なくとも1つがプッシュプル型光変調器であることを特徴とする。

【0025】また、信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコードと、前記プリコードの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光を位相変調する光位相変調器とを有し、前記光強度変調器の動作点を変化させて前記信号光の波形を変化させることを特徴とする。

【0026】また、光のスペクトルを測定する手段と、前記スペクトル測定手段から出力される測定データからスペクトル幅を算出する手段と、前記光強度変調器の動作点を制御する手段とを備え、前記スペクトル幅が最小となるように前記制御手段により前記光強度変調器の動作点を制御することを特徴とする。

【0027】また、信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリコードと、前記プリコードの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光を位相変調する光位相変調器とを有し、前記第1のデータ信号を非線形電気回路を通して波形を変化させることを特徴とする。

【0028】また、出力光のスペクトルを測定する手段と、前記スペクトル測定手段から出力される測定データからスペクトル幅を算出する手段と、前記非線形電気回路に入力する前記第1のデータ信号のバイアスを制御する手段とを備え、前記スペクトル幅が最小となるように前記バイアス制御手段により前記バイアスを制御することを特徴とする。

【0029】または、搬送波の強度と偏波とを別々に変調することを特徴とするデュオバイナリ信号の生成方法である。

【0030】また、前記強度が0のとき、前記偏波が変化するように変調することを特徴とする。

【0031】または、信号光を出力するレーザデバイスと、データ信号を2分岐して生成した第1のデータ信号に応じて前記信号光を強度変調する光強度変調器と、前記2分岐して生成した第2のデータ信号を入力するプリ

コードと、前記プリコードの出力を0.5ビット遅延させた信号に応じて前記強度変調された信号光の偏波を偏波変調する光偏波変調器とを有することを特徴とするデュオバイナリ方式光送信装置である。

【0032】また、前記プリコードは、入力された前記データ信号が0の時に出力が0から1へ、または1から0へ反転し、入力された前記データ信号が1の時には出力が変化しないことを特徴とする。

【0033】また、前記偏波変調器は、光位相変調器で構成されており、前記強度変調された信号光の偏波の主軸方向が前記光位相変調器の光学軸に対して45度となるように入射することにより偏波変調を行うことを特徴とする。

【0034】

【作用】上記の問題を解決するため、本発明では強度変調器と位相変調器を縦続的に接続して、信号光の振幅（または強度）と位相を別々に変調する。ただし、強度変調信号と位相変調信号とはある決まった変換関係と位相関係を持って、強度変調器と位相変調器にそれぞれ入力される。以下、この変換関係と位相関係について明らかにする。図5に、従来の3値信号によって変調された光デュオバイナリ信号光の振幅と位相の計算結果を示す。図5より、光デュオバイナリ信号光は、振幅が0の点で、位相が0から $\pi$ へ、または $\pi$ から0へと反転することがわかる。また、この位相の反転は1タイムスロットの中間点で発生する。振幅が1の場合は位相は変化しない。この「振幅が0の点で、位相が反転する」という特徴が、光スペクトルの狭窄化と高い分散耐力を有するという光デュオバイナリ方式の特徴を生み出している。

【0035】データ信号を光の振幅（または強度）に乗せて伝送し、光受信器で直接検波受信してそのままデータ信号を得る場合、位相変調信号のみをプリコード（符号化器）で符号化すればよい。この符号化の決まりは、前述のように、「強度変調信号が0のとき位相変調信号を反転する」というものである。これは、図2に示すように、EX-NOR（排他的論理和の反転出力）と1ビット遅延器とで簡単に実現できる。このプリコードでは1ビット前の出力値を使っているため、出力の初期値によって出力が反転してしまうが、光デュオバイナリ信号光にとっては絶対的な光位相は特に意味がないので全く問題はない。この位相変調信号を強度変調信号に対して0.5ビット遅延させた後、強度変調された信号光を位相変調（ $0-\pi$ ）することにより、光デュオバイナリ信号光を生成することができる。このような縦続形の変調では、光位相変調器と光強度変調器の位置関係はどちらが先でもよい。

【0036】また、信号光を2分岐するなどの方法で周波数の等しい2つの光を作っておき、2つの強度変調器でどちらか一方の光をOFFにする、または両方ともOFF（またはON）にするという操作の後に、2つの強

度変調器の出力の位相差が $\pi$ となるように合波する。この結果、データ信号を前述の光の3つの状態にマッピングすることができ、光デュオバイナリ信号光を生成することができる（並列形）。この場合にも、入力データ信号に対して前述のプリコーダに加えてさらに並列形用プリコーダが必要である。この並列形用プリコーダは、図15、図16に示すように、1ビット遅延器と反転器という簡単な回路で構成できる。

【0037】また本発明において光強度変調波形を適切に設定すれば、3値信号を用いた光デュオバイナリ変調方式により近い変調光を得ることができる。理想的な光デュオバイナリ波形は図20(a)に示されるようにクロスポイントが上側へ偏り、このときの光スペクトルは図20(b)のように高周波成分が極めて小さい。本発明において高周波成分を低減するために、光強度変調器の非線形な変調特性、または非線形な入力特性をもつ電気回路によって理想光デュオバイナリをまねる。図21(b)に示すように、信号64を入力した場合、得られる変調光スペクトルには図22(a)のように高周波成分が残留する。これに対して図21(b)のようにバイアス値をずらして信号64を入力すると出力光波形65は光の透過側に偏った理想デュオバイナリ波形に近いものとなり、光スペクトルの高周波成分が図22(b)に示すように低減される。

【0038】また強度変調器と位相変調器とを縦続接続する構成において、強度変調器の出力信号光の偏波の主軸方向を位相変調器の光学軸に対して45度となるように入射すると、光学軸方向の信号光成分のみ位相変調されるので、位相変調に応じて信号光の偏波を変調することができる。この結果、信号光のスペクトルはあまり狭くはないが、偏波変調されたデュオバイナリ信号を生成することができる。

#### 【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について詳細に説明する。

【0040】図1は、本発明の第1の実施例を示す。第1の実施例では、本発明を10Gb/s、光デュオバイナリ変調—直接検波受信方式における光送信装置に適用したものである。1.5 $\mu$ m 帯半導体レーザ1の出力を、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>、以下LN)光導波路で作製されたマッハツエンダ(MZ)光強度変調器2に入力し、その出力をLN光位相変調器3に入力する。LN光強度変調器2は入力電気信号の値1、0に応じてそれぞれ光出力をON、OFFする。また、LN光位相変調器3は入力電気信号の値1、0に応じてそれぞれ光位相を $\pi$ 、0と変調する。10Gb/sのデータ信号6を2分岐し、一方をLN光強度変調器2に入力し信号光を強度変調する。分岐したデータ信号6のもう一方をプリコーダ7に入力し、前述のように「入力が0のとき出力を反転する」という関係に基づいて符号化する。

プリコーダ7の回路構成の一例と入出力の論理表を図2に示す。図3に、プリコーダ7の動作と、変調された信号光4の振幅と位相との関係を模式的に示す。この符号化されたデータ信号8を0.5ビット遅延器9に入力して遅延させた後、LN光位相変調器3に入力し、信号光を位相変調する。ただし、この0.5ビット遅延器9は、LN光強度変調器2からLN光位相変調器3への伝搬遅延時間も考慮し、強度変調と位相変調との位相関係が0.5ビット遅延となるように調整してある。

【0041】この構成で光変調を行い、出力された信号光4の光スペクトルの半値全幅を測定した結果、5GHzであった。同じ構成で位相変調を停止して通常の強度変調信号光を発生させたときの光スペクトルの半値全幅は約10GHzであり、本発明によって帯域が1/2に狭くなることを確認した。また、この信号光4を1.3 $\mu$ m 零分散光ファイバ150kmに入力し伝送させた結果、伝送後の分散劣化は1dB以下であった。通常の強度変調信号光では50kmで波形劣化により受信できなくなることから、本発明によって生成された信号光4は、分散に対しても強いことが確認された。この結果、本発明の有効性が確認された。

【0042】図6は、本発明の第2の実施例を示す。第2の実施例では、光強度変調器と光位相変調器とを半導体で作製し、分布帰還型(DFB)半導体レーザとともに集積化した集積化光源11を用いた例である。光強度変調器は電界吸収型(EA)光強度変調器を用いた。光位相変調器は、電界印可による半導体内の屈折率変化の効果によって位相変調をかけるタイプの変調器を用いた。

【0043】この集積化光源11を用いて10Gb/sで変調実験を行った結果、実施例1と同様のスペクトル幅と分散劣化特性を示し、本発明の有効性を確認した。また、光源と光変調器の集積化により、小型化も同時に達成した。

【0044】図7は、本発明の第3の実施例を示す。第3の実施例では、光強度変調器とDFB半導体レーザを集積化したDFB/EA集積化光源15を用いた例である。位相変調のかわりに、DFB半導体レーザの注入電流をパルス的に変調して光周波数変調をかけて光位相変調を行う直接変調位相シフトキーイング(PSK)の技術を用いた例である。直接変調PSK符号化器16では位相変調するデータ系列の立ち上がり、立ち下がりにおいて、1タイムスロットより短いパルス幅のパルスを発生させて、これで信号光を光周波数変調する。周波数変調度を調整することにより、0- $\pi$ の位相変調と等しい変調がなされる。

【0045】この集積化光源15を用いて10Gb/sで変調実験を行った結果、実施例1、2と同様のスペクトル幅と分散劣化特性を示し、本発明の有効性を確認した。また、光源と光変調器の集積化により、小型化も同

時に達成した。

【0046】図8は、本発明の第4の実施例を示す。第4の実施例では、光強度変調器2に入力するデータ信号6を、波形イコライザ18によって波形変形させた例である。波形イコライザ18の入力波形と出力波形の一例を図9に示す。図9のようにデータ信号のクロスポイントを1レベルに近づかせるとともに、0レベルを適度に尖らせた。このような波形変形によって0レベルの位相と振幅の変化が、理想的な光デュオバイナリ信号光により近くなり、分散に対する耐力も向上すると考えられる。

【0047】この波形イコライザ18を用いて10Gb/sで伝送実験を行った結果、1.3μm 零分散光ファイバ200kmまで伝送劣化1dB以下で伝送することができた。波形イコライザ18を使用しないときは150km程度の伝送で1dBの劣化が発生しており、本発明の有効性が確認された。

【0048】図10は、本発明の第5の実施例を示す。第5の実施例では、光強度変調器と光位相変調器とをプッシュプル型MZ変調器で構成し、さらに1枚のLN基板に集積したものである。プッシュプル光変調器の両アームを、それぞれVπで変調すると光位相変調器として動作し、それぞれVπ/2で変調すると光強度変調器として動作する。さらに、不要なチャープが発生しないため、高調波成分が抑圧され理想的な変調器として動作する。

【0049】上記の構成で10Gb/sで変調実験を行った結果、前述の第1から第4の実施例と比較して、光スペクトルのすその付近の成分が最も抑圧されており、高調波成分が抑圧されていることが確認された。この結果、本発明の有効性が確認された。

【0050】図11は、本発明の第6の実施例を示す。第6の実施例では、第2の実施例で用いた光強度変調器、光位相変調器、DFB半導体レーザを集積化した集積化光源11を気密封止したモジュールを用いた例である。ただし、集積化光源11aは、集積化光源11に対して光強度変調器と光位相変調器の位置関係が反転している。また、データ信号6の分岐にDタイプ・フリップフロップ25を用い、出力Qと反転出力Qバーを得ている。これにより、分岐と同時に波形整形の効果も得ている。プリコーダに反転出力Qバーを用いるため、ここではEX-OR回路26を用いた。また、変調信号の位相関係を簡単に調整できるように、集積化光源モジュール28の強度変調端子29と位相変調端子30の点において、集積化光源11a内の光の伝搬遅延と配線遅延の差が強度変調信号と位相変調信号との間で0となるように、マイクロストリップ遅延線で遅延量を調整している。

【0051】上記の構成で、20Gb/sで変調実験を行った結果、良好に動作した。配線を短くし、小型モジ

ュールを用いることにより高速化が実現できた。以上により、本発明の有効性が確認された。

【0052】図12は、本発明の第7の実施例を示す。第7の実施例では、プリコーダをカウンタ35で構成した例である。2進数カウンタ35のENABLE端子にDタイプ・フリップフロップ25のQバー出力を入力する。すなわち、データ信号6が0のとき、Qバーは1となり、このときカウンタ35はクロック信号24をカウントする。この結果、カウンタ35の1の位を表す出力Q0は、データ信号が0のときに1と0との間を交互に遷移することとなり、図2に示すプリコーダ7と全く同じ動作をする。

【0053】上記の構成で、10Gb/s変調実験を行った結果、EX-NORによるプリコーダを用いた場合と全く同様に動作した。以上により、本発明の有効性が確認された。

【0054】図13は、本発明の第8の実施例を示す。第8の実施例では、光強度変調器を2つ並列に配置し、2分岐した光を別々にスイッチした後、位相差がπとなるように合波して信号光4を得るというものである。半導体レーザ1の出力を並列形光変調器36に入力する。並列形光変調器36の内で入力された光を2分岐し、第1、第2の光強度変調器38a、38bにそれぞれ入力する。第1、第2の光強度変調器38a、38bの出力の一方をπ光位相シフタ37で位相シフトさせて2つの出力光の位相差がπとなるようにした後合波する。並列形光変調器36全体がMZ干渉計の構成となっている。データ信号6を図2に示したものと等しいプリコーダ7に通した後並列形用プリコーダ39に入力し、第1、第2の符号化されたデータ信号40a、40bに変換し、第1、第2の光強度変調器38a、38bにそれぞれ入力する。この並列形用プリコーダ39の入出力の関係を図14に示す。ただし、第1、第2の符号化されたデータ信号40a、40bを、図13に示すように、それぞれQ0、Qπと表記する。現在のデータ信号D(i)と、1ビット前のデータ信号D(i-1)に対して、アナログ加算(D(i)+D(i-1))すると0、1、2の3つの値をとる。この3値を、光の振幅と位相を(A、φ)として、(1、π)、(0、不定)、(1、0)の3つの状態にそれぞれマッピングする。これは、図14に示すようなQ0とQπの組み合わせによって実現できる。ただし、Q0とQπが共に1で両方のアームの光がONの場合は、両者の光の位相差はπなので、合波部分で干渉させると出力光パワーは0となる。図14に示すように、並列形用プリコーダ39の入出力は、次の式で表すことができる。

【0055】

【数1】

$$Q0 = D(i), \quad Q\pi = D(i-1)$$



【0056】この並列形用プリコーダ39の回路例を図15と図16に示す。

【0057】上記の構成で、10Gb/s変調実験を行った結果、第1から第7の実施例で説明した縦続形変調で得られた信号光と同等のスペクトル幅と分散劣化特性が得られた。これにより、本発明の有効性が確認された。

【0058】図17は、本発明の第9の実施例を示す。第9の実施例では、MZ干渉計の両方のアームにプッシュプルMZ干渉計をそれぞれ配置した並列形プッシュプル光変調器41を用いたものである。また、一方のアームにはバイアス用電極43が光導波路上につけられており、電圧を印加することによって光位相を $\pi$ だけシフトさせている。図17の中では、両方のアームに配置したプッシュプルMZ干渉計へのバイアス電圧印加回路は省略してあるが、それぞれのMZ干渉計において強度変調が最適にかかるようにバイアス電圧は調整してある。Dタイプフリップフロップ25の出力Q、Qバーをそれぞれ2分岐する。位相0の信号光用のプッシュプルMZ変調器をQとQバーで駆動し、位相 $\pi$ の信号光用のプッシュプルMZ変調器をそれぞれ1ビット遅延させたQとQバーで駆動する。この結果、図14に示した並列形用プリコーダ39の論理と等しく動作する。

【0059】上記の構成で、10Gb/s変調実験を行った結果、第8の実施例と同様に安定に動作した。これにより、本発明の有効性が確認された。

【0060】以上、本発明の実施例について説明したが、本発明はこれらの構成に限定されるものではなく、いろいろな変形が可能である。

【0061】本実施例では、波長1.5 $\mu$ m帯の半導体レーザを用いたが、波長はこれに限定されるものではなくどのような波長でもかまわない。また、半導体レーザだけではなく、気体レーザ、固体レーザ、有機レーザ等のようなレーザでもかまわない。また、搬送波は光に限らず、マイクロ波、ミリ波など、どのような波長の電磁波でもよい。

【0062】ビットレイトとして10Gb/s、20Gb/sの結果について示したが、これに限定されるものではなく、これより速くても遅くてもよい。

【0063】光強度変調器としてLNと半導体を用いた例について説明したが、材料はどのようなものでもよく、入力信号に対して光の強度が変調できるものならばMZ型、電界吸収(EA)型に限らず、音響光学効果型、電界光学効果型、偏波回転型、非線形効果利用のもの等どのようなタイプの光強度変調器でもその使用は可能である。また、入力信号は必ずしも電気である必要はなく、光で制御する光強度変調器でもよい。光位相変調器も同様で、材料、構成、用いている効果等を規定するものではなく、入力信号に対して位相が変化するものであればどのようなタイプの光位相変調器でもその使用は

可能である。

【0064】実施例中においてプリコーダの回路例をいくつか示したが、もちろんこれらに限定されるものではなく、AND、OR、フリップフロップ等、その他のロジック回路で実現できることは容易に想像できるし、アナログ回路でも実現できる。

【0065】また、実施例では光の振幅が0のたびに位相を反転しているが、振幅が0連続の場合は位相の反転を省略することもできる。

【0066】0.5ビット遅延器9は、強度変調と位相変調のタイミングを0.5ビットシフトさせることが目的であり、この値に厳密に限定するものではない。すなわち、接続するケーブルの伝搬遅延が存在すれば、0.5ビットからずらして調整する必要があることは当然である。また、0.5ビット遅延器9の位置は実施例ではプリコーダの後ろに置いているが前でもよく、光遅延器を用いて光領域で0.5ビット遅延させることも可能である。強度変調と位相変調のタイミングが0.5ビットシフトさえすれば、どこで遅延を調整しても良い。1ビット遅延器27に関しても全く同様である。

【0067】また、 $\pi$ 光位相シフタ37に関しても同様であり、2分岐された信号光の位相差を $\pi$ ずらすことが目的であり、MZ干渉計の両アームに光路長差や複屈折が存在する場合はこの値に厳密に限定するものではない。また、 $\pi$ 位相シフトを光導波路の光路長差や複屈折、電流や電界の印加による変調器材料の屈折率変化、非線形効果などを使っても実現することができる。また、 $\pi$ 光位相シフタ37の位置は光強度変調器38a、38bの前でも後でもよいし、光分波部分や光合波部分にこの機能を持たせても良い。位相差であるので $-\pi$ のシフトでももちろん良い。

【0068】図23に本発明の第10の実施例を示す。本実施例は、図1に示す第1の実施例のデュオバイナリ光伝送装置において、変調器に用いるマッハツェンダ変調器のバイアスを調整して理想デュオバイナリ波形へ近づけるものである。光強度変調器2には、変調動作点を設定するバイアス回路66が設けられるが、このバイアスを図21(b)に示すように変調器の変調特性61の中央から光の透過ピーク側へとずれたところに設定する。ずれ量は、 $V\pi$ の約10~20%程度が好ましい。このようにすると、強度変調後の光波形のクロスポイントが光の透過側にずれて、理想デュオバイナリ信号波形に近づく。本構成を用いて生成された10Gbpsデュオバイナリ変調光のスペクトルの測定結果を図24

(a)に、光波形を図24(b)に示す。また、従来のようにLN光強度変調器へ印加する電圧信号の平均値を消光カーブの中央とした場合での光スペクトルの測定結果を図25(a)に、光波形を図25(b)に示す。図24(b)と図25(b)を比べて、本発明により5GHz以上の高周波成分が抑えられている様子がわかり、

本発明の有効性が確認された。

【0069】図26は、本発明の第11の実施例であり、図23に示すデュオバイナリ光変調装置に、変調装置の出力光のスペクトル幅を検出する光スペクトルアナライザ67と、光スペクトルアナライザからのデータを処理して変調光のスペクトル幅を算出するコンピュータ68と、スペクトル線幅を最小とするようにバイアス回路66への印加電圧を制御する制御回路69を設けたものである。この構成では光強度変調器2のバイアスは、光スペクトルアナライザで測定されたスペクトル幅を最小とするように制御される。これにより、光強度変調器の変調特性が変化しても常にスペクトル幅を最小となり、動作が安定した。

【0070】図27は本発明の第12の実施例を示す。本実施例では飽和増幅器の非線形な入出力特性を利用して変調光波形を理想デュオバイナリに近づける。基本的な構成は図1に示す第1の実施例と同じで、光強度変調器2を駆動するために飽和増幅器70を用いる。飽和増幅器は、図28に示すような入出力電圧特性71を有する。この回路に図29(a)に示す2値信号を入力すると、出力信号は図29(b)のようなクロスポイントが上側に偏った理想デュオバイナリ変調波形に近いものとなった。この電気信号で光強度変調器29を駆動して光デュオバイナリ信号を生成するが、このとき入力電圧の高いときに光を透過し、電圧の低いときに光を遮断するよう動作点を設定する。このようにすると、変調後の光波形はクロスポイントが光の透過側に偏り、図29

(c)に示すように光スペクトルの高周波成分が低減した。

【0071】非線形な入出力特性を有する電気回路は飽和増幅器に限られるものではなく、他に例えばダイオード72と増幅器73の組み合わせが挙げられる。この場合の本発明の第13の実施例を図30に示す。ダイオード44と増幅器45を直列に接続した回路の入出力特性74は図31のようになり、飽和増幅器とは反対に入力電圧の低いところで利得が小さい。この結果、回路出力波形のクロスポイントは下側に偏る。この波形を用いて、光強度変調器を電圧の高いときに光を遮断し電圧の低いときに光を透過するように駆動すれば、光波形はクロスポイントが光の透過側に偏り光スペクトルの高周波成分は低減する。

【0072】第12、第13の実施例では、それぞれの変調特性曲線に対して光強度変調器の動作状態を規定したが、非線形回路の後に反転増幅器を挿入して変調波形の上下を反転させれば前記で指定したものとは反対の光強度変調器の動作状態でも本発明の作用が得られることは明らかである。

【0073】図32は、本発明の第14の実施例を示すものであり、前述の第12の実施例の変調器出力に光スペクトル幅検出手段を設けて、スペクトル幅が最小とな

るよう非線形電気回路への入力信号のバイアスを制御する機能を加えたものである。スペクトル幅検出手段は、第2の実施例と同様に光スペクトルアナライザ67とデータ処理コンピュータ68、制御回路69で構成する。ここで、コンピュータにより計算されるスペクトル線幅を最小としよう、制御回路69は非線形回路への入力信号に印加するバイアスを制御する。これにより、電気回路の入出力特性が変化しても、変調波形は常に狭スペクトル幅状態が保たれた。

【0074】図33は、本発明の第15の実施例を示す。第15の実施例では、第1の実施例で説明した部品をそのまま用い、LN光強度変調器2とLN位相変調器3とを光学軸が互いに45度傾くように接続したものである。信号光4の偏波の主軸をLN位相変調器3の光学軸に対して45度傾けて入力すると、信号光4の光学軸方向成分のみ位相変調され、信号光4の光学軸と直交する成分は位相変調されない。この結果、信号光の偏波状態が、位相変調器の駆動信号に応じて偏波変調される。この信号光は位相変調がかかったデュオバイナリ信号と、位相変調がかかっていない強度変調信号光との和であるため、完全なデュオバイナリ信号光ではないが、強度変調光成分は半分となっているため、光スペクトルも若干狭くなっている。また、信号光が偏波変調されているため、光増幅器を用いたシステムで問題となっている入射偏波に依存した増幅率の変化（偏波ホールバーニング）等の影響を抑圧できるという特徴を有する。

【0075】この構成で10Gb/sで光変調を行い、出力された信号光4の光スペクトルの半値全幅を測定した結果、7.5GHzであった。同じ構成で位相変調を停止して通常の強度変調信号を発生させたときの光スペクトルの半値全幅は約10GHzであり、本発明によって、帯域が狭くなることを確認した。また、この信号光4を光ファイバ50kmごとに配置された光増幅中継器で構成された全長1000kmの光増幅中継システムに入力し伝送した結果、偏波変調されているために光増幅中継器の偏波ホールバーニングが抑圧され、偏波変調を施さない場合と比較して3dBの光信号対雑音比（光SNR）の改善が見られた。この結果本発明の有効性が確認された。

【0076】実施例15では光偏波変調器として光学軸方向を45度傾けた光位相変調器3を用いたが、これに限定されるものではなく、信号光を直交する2つの偏波に分離し、一方の信号光のみ位相変調器を通して位相変調し、再び合波するような構成でもよい。また、LN位相変調器に限定するものではなく、高速に偏波変調がかかるデバイスであればその材質は半導体、有機物、無機物、光ファイバ等でもよく、そして方式は電気式、磁界式、機械式、光学式等でもよい。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、

2 値の電気信号で変調できるデュオバイナリ信号の生成方法と光送信装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の実施例の構成図である。

【図 2】プリコーダ 7 の回路構成の一例と入出力の論理表を示す図である。

【図 3】プリコーダ 7 の入出力と信号光 4 の振幅と位相の関係を示す模式図である。

【図 4】従来技術の光デュオバイナリ方式光送信器の構成図である。

【図 5】従来技術の方法で生成した光デュオバイナリ信号光の振幅と位相の計算結果を示す図である。

【図 6】第 2 の実施例の構成図である。

【図 7】第 3 の実施例の構成図である。

【図 8】第 4 の実施例の構成図である。

【図 9】波形イコライザ 18 による波形変化を表す図である。

【図 10】第 5 の実施例の構成図である。

【図 11】第 6 の実施例の構成図である。

【図 12】第 7 の実施例の構成図である。

【図 13】第 8 の実施例の構成図である。

【図 14】並列形用プリコーダ 39 の入出力の論理表を表す図である。

【図 15】並列形用プリコーダ 39 の第 1 の回路例を示す図である。

【図 16】並列形用プリコーダ 39 の第 2 の回路例を示す図である。

【図 17】第 9 の実施例の構成図である。

【図 18】従来の光デュオバイナリ変調器の構成を示す図である。

【図 19】LN 変調器の動作点設定を示す図である。

【図 20】理想光デュオバイナリ信号波形とスペクトルを示す図である。

【図 21】本発明における光強度変調の 2 種類のバイアス点設定を示す図である。

【図 22】本発明における光強度変調の 2 種類のバイアス点に対する光スペクトルを示す図である。

【図 23】第 10 の実施例を示す図である。

【図 24】図 23 における光強度変調を従来のバイアス点で行ったときの変調光波形と光スペクトルを示す図である。

【図 25】図 23 における光強度変調をずらしたバイアス点で行ったときの変調光波形と光スペクトルを示す図である。

【図 26】第 11 の実施例を示す図である。

【図 27】第 12 の実施例を示す図である。

【図 28】飽和増幅回路の入出力特性を示す図である。

【図 29】飽和増幅回路の入出力波形と光変調波形を示す図である。

【図 30】第 13 の実施例を示す図である。

【図 31】ダイオードと増幅器で構成される回路の入出力特性を示す図である。

【図 32】第 14 の実施例を示す図である。

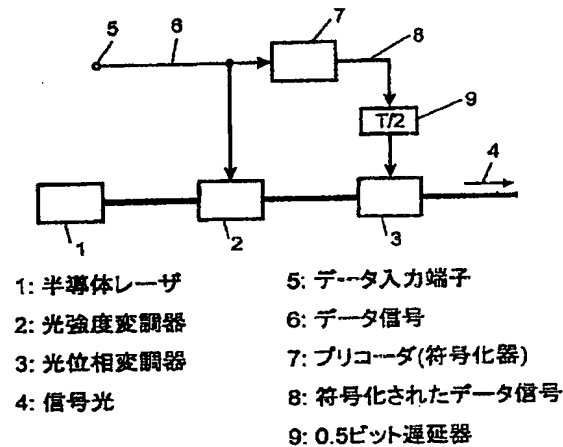
【図 33】第 15 の実施例を示す図である。

【符号の説明】

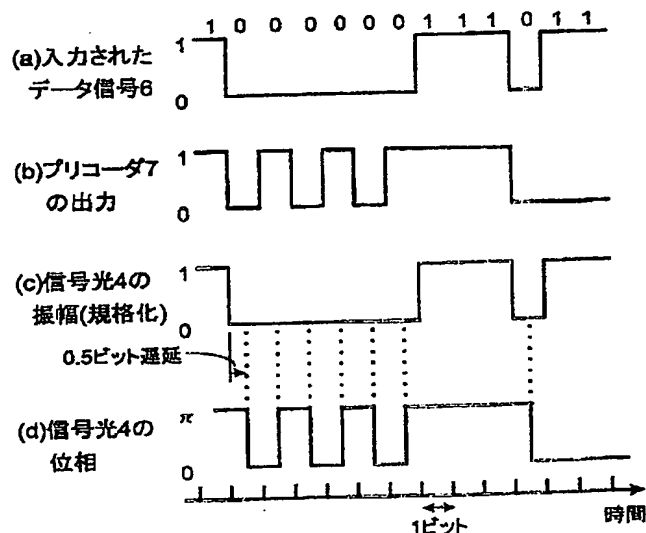
- 1 半導体レーザ
- 2 光強度変調器
- 3 光位相変調器
- 4 信号光
- 5, 5a データ入力端子
- 5b 反転データ入力端子
- 6, 6a データ信号
- 6b 反転データ信号
- 7 プリコーダ (符号化器)
- 8, 8a 符号化されたデータ信号
- 8b 符号化された反転データ信号
- 9 0.5 ビット遅延器
- 10 定電流電源
- 11 DFB/EA/位相変調器集積化光源
- 12 DFB レーザ電極
- 13 EA 光強度変調器電極
- 14 光位相変調器電極
- 15 DFB/EA 集積化光源
- 16 直接変調 PSK 符号化器
- 17 アナログ加算器
- 18 波形イコライザ
- 19 2 段縦続形プッシュプル光変調器
- 20 可変遅延器
- 21 ドライバアンプ
- 22 終端抵抗
- 23 クロック信号入力端子
- 24 クロック信号
- 25 D タイプ・フリップフロップ
- 26 排他的論理和 (EX-OR) 回路
- 27 1 ビット遅延器
- 28 集積化光源モジュール
- 29 強度変調端子
- 30 位相変調端子
- 31 マイクロストリップ遅延線
- 32 レンズ
- 33 光アイソレータ
- 34 光ファイバ
- 35 カウンタ
- 36 並列形光変調器
- 37  $\pi$  光位相シフタ
- 38a, 38b 光強度変調器
- 39 並列形用プリコーダ
- 40a 第 1 の符号化されたデータ信号
- 40b 第 2 の符号化されたデータ信号
- 41 並列形プッシュプル光変調器

- 4 2 定電圧電源  
4 3 バイアス用電極  
5 0 2値の伝送データ信号  
5 1 符号変換回路  
5 2 プリコーダ  
5 3 2値-3値変換回路  
5 4 加算器  
5 5 振幅調整回路  
5 6 バイアス調整回路  
5 7 反転回路  
5 8 光変調器  
5 9 変調器の透過特性  
6 0 デュオバイナリ信号波形  
6 1 マッハツェンダ変調器の変調特性曲線

【図1】



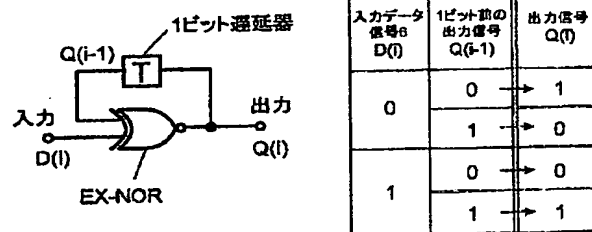
【図3】



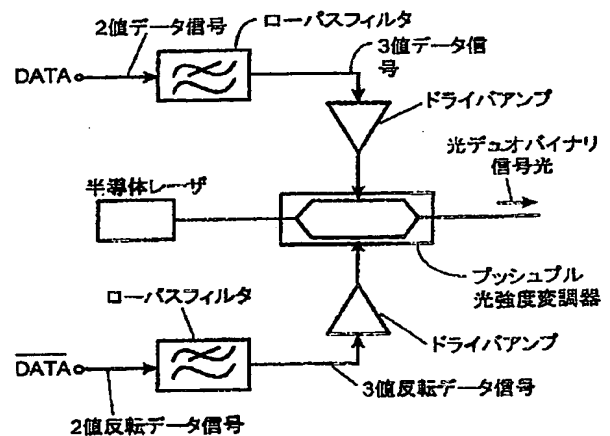
- \* 6 2、6 4 入力信号  
6 3、6 5 変調光波形  
6 6 バイアス回路  
6 7 光スペクトルアナライザ  
6 8 変調光スペクトル幅算出用コンピュータ  
6 9 制御回路  
7 0 飽和増幅器  
7 1 飽和増幅器の入出力特性曲線  
7 2 ダイオード  
10 7 3 増幅器  
7 4 ダイオードと増幅器で構成される回路の入出力特性  
7 5 バイアス回路

\*

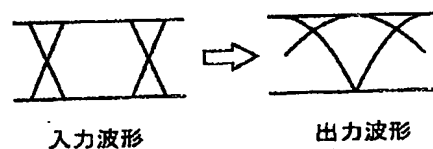
【図2】



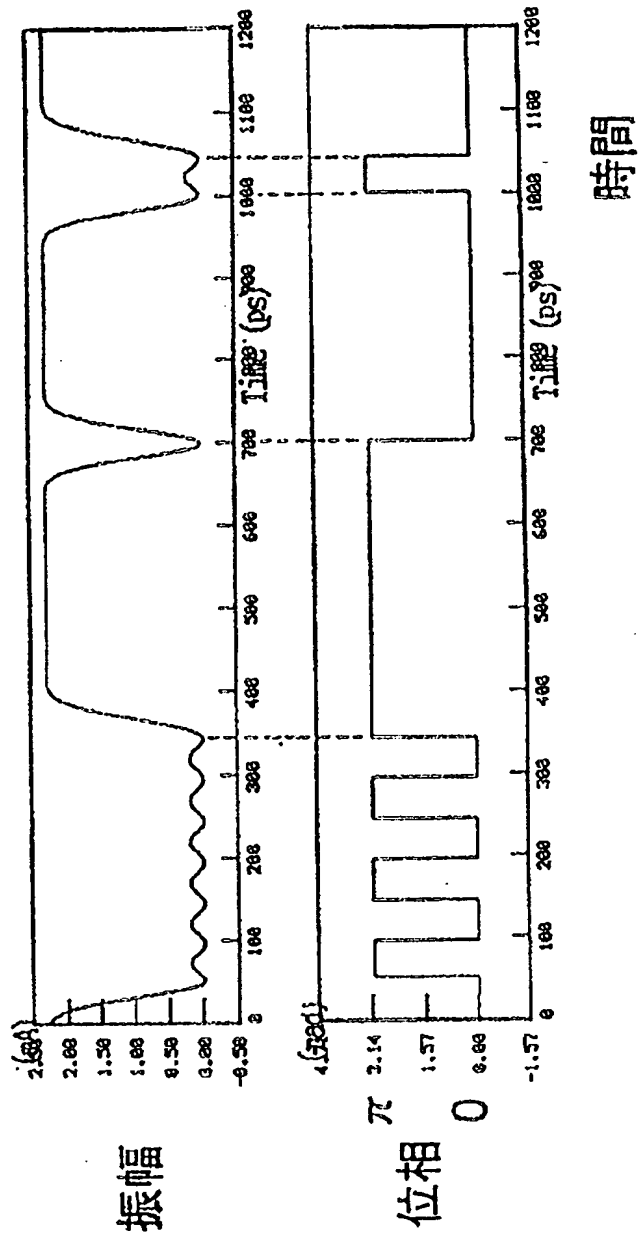
【図4】



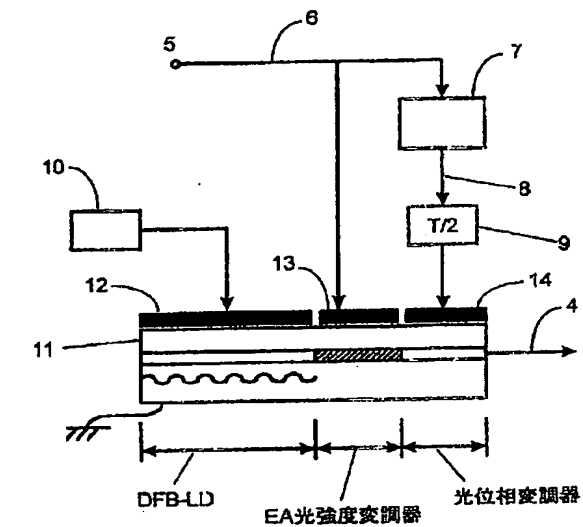
【図9】



【図5】

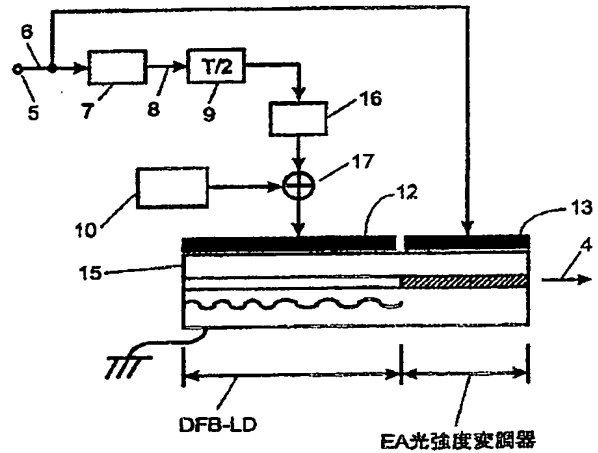


【図6】



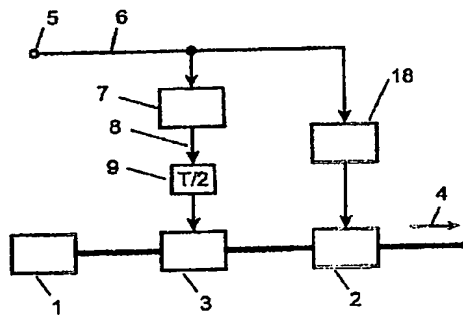
- 4: 信号光  
5: データ入力端子  
6: データ信号  
7: プリコーダ(符号化器)  
8: 符号化されたデータ信号  
9: 0.5ビット遅延器  
10: 定電流電源  
11: DFB/EA位相変調器  
集積化光源  
12: DFBレーザ電極  
13: EA光強度変調器電極  
14: 光位相変調器電極

【図7】



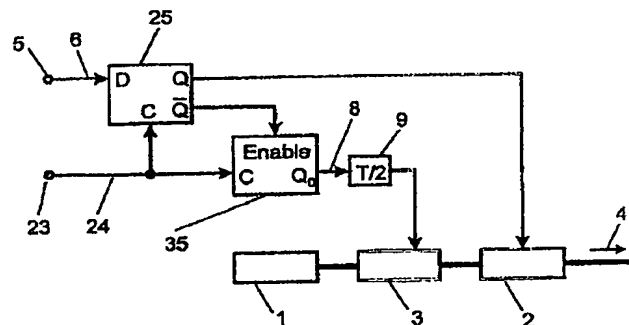
- 4: 信号光  
5: データ入力端子  
6: データ信号  
7: プリコーダ(符号化器)  
8: 符号化されたデータ信号  
9: 0.5ビット遅延器  
10: 定電流電源  
11: DFB/EA位相変調器  
集積化光源  
12: DFBレーザ電極  
13: EA光強度変調器電極  
14: 光位相変調器電極  
15: DFB/EA集積化光源  
16: 直接変調PSK符号化器  
17: アナログ加算器

【図8】



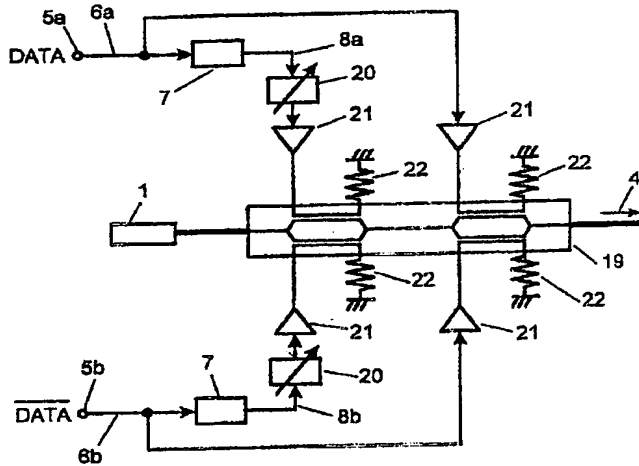
- 1: 半導体レーザ  
2: 光強度変調器  
3: 光位相変調器  
4: 信号光  
5: データ入力端子  
6: データ信号  
7: プリコーダ(符号化器)  
8: 符号化されたデータ信号  
9: 0.5ビット遅延器  
18: 波形イコライザ

【図12】



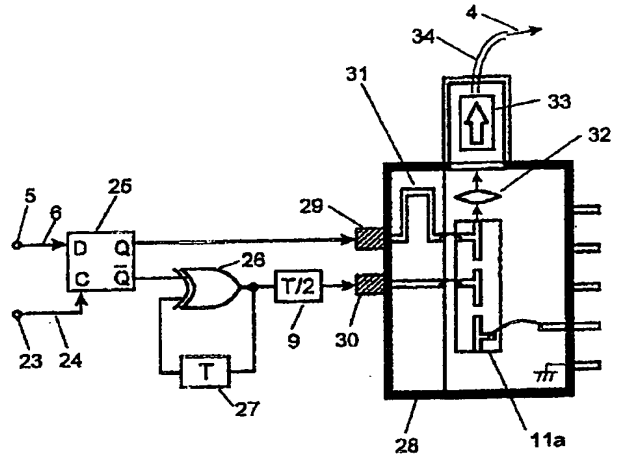
- 1: 半導体レーザ  
2: 光強度変調器  
3: 光位相変調器  
4: 信号光  
5: データ入力端子  
6: データ信号  
8: 符号化されたデータ信号  
9: 0.5ビット遅延器  
23: クロック入力端子  
24: クロック信号  
25: Dタイプフリップフロップ  
35: カウンタ

【図10】



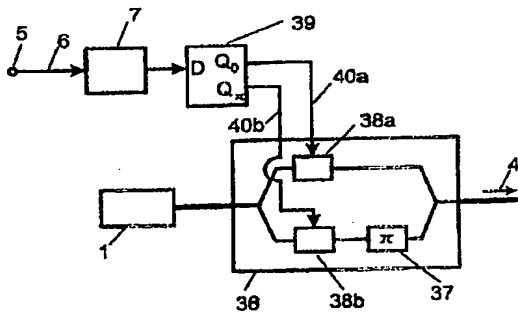
- 1: 半導体レーザ  
4: 信号光  
5a: データ入力端子  
5b: 反転データ入力端子  
6a: データ信号  
6b: 反転データ信号  
7: プリコーダ(符号化器)  
8a: 符号化されたデータ信号  
8b: 符号化された反転データ信号  
19: 2段縦続形プッシュプル  
20: 可変遅延器  
21: ドライバアンプ  
22: 終端抵抗

【図11】



- 4: 信号光  
5: データ入力端子  
6: データ信号  
23: クロック入力端子  
24: クロック信号  
25: Dタイプフリップフロップ  
26: EX-OR回路  
27: 1ビット遅延器  
28: 集積化光源モジュール  
29: 強度変調端子  
30: 位相変調端子  
31: マイクロストリップ遅延線  
32: レンズ  
33: 光アイソレータ  
34: 光ファイバ

【図13】



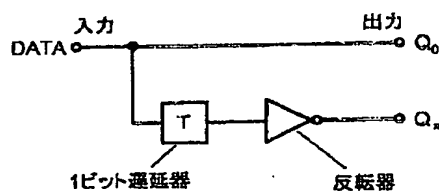
- 1: 半導体レーザ  
4: 信号光  
5: データ入力端子  
6: データ信号  
7: プリコーダ  
36: 並列形光変調器  
37:  $\pi$  光位相シフタ  
38a, 38b: 光強度変調器  
39: 並列形用プリコーダ  
40a, 40b: 第1, 第2の符号化されたデータ信号

【図14】

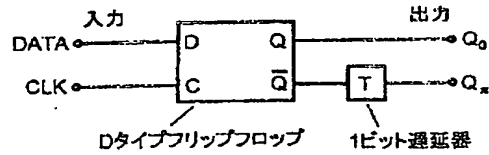
入力データ信号6 $D(i)$	1ビット前の 入力データ信号6 $D(i-1)$	3値への マッピング $D(i)+D(i-1)$	出力データ 信号40a ( $Q_0$ )	出力データ 信号40b ( $Q_{\pi}$ )
0	0	0	0	1
	1	1	0	0
1	0	1	1	1
	1	2	1	0

$$Q_0 = D(i), \quad Q_{\pi} = \overline{D(i-1)}$$

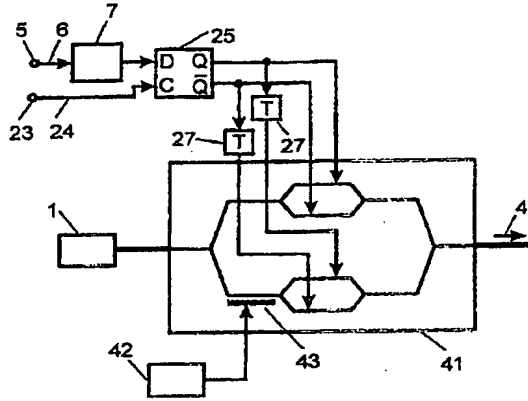
【図15】



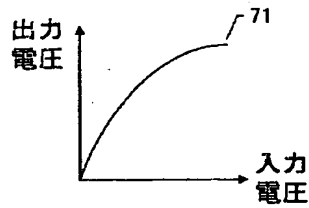
【図16】



【図17】



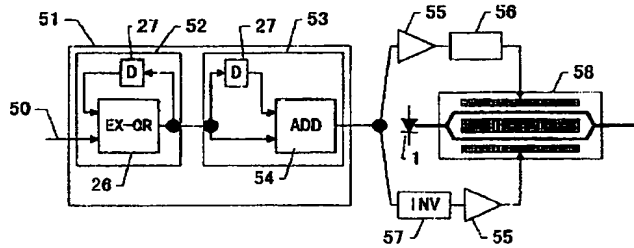
【図28】



## 7.1 飽和増幅器の入出力特性

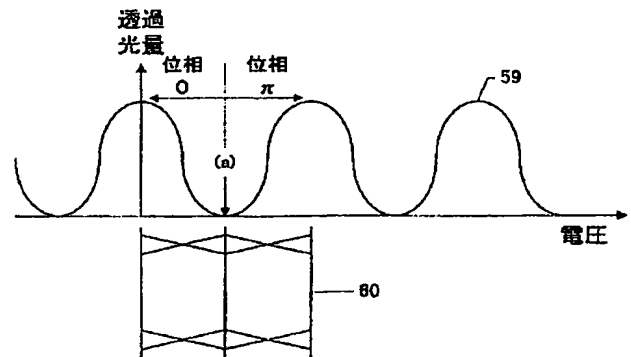
- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 1: 半導体レーザ    | 24: クロック信号        |
| 4: 信号光       | 25: Dタイプフリップフロップ  |
| 5: データ入力端子   | 27: 1ビット遅延器       |
| 6: データ信号     | 41: 並列形プッシュプル光変調器 |
| 7: プリコーダ     | 42: 定電圧電源         |
| 23: クロック入力端子 | 43: バイアス用電極       |

【図18】



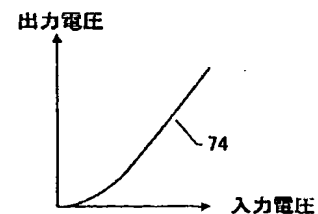
- |    |            |
|----|------------|
| 1  | 光源         |
| 26 | EX-OR回路    |
| 27 | 1ビット遅延器    |
| 50 | 2値の伝送データ信号 |
| 51 | 符号変換回路     |
| 52 | プリコーダ      |
| 53 | 2値-3値変換回路  |
| 54 | 加算器        |
| 55 | 振幅調整回路     |
| 56 | バイアス調整回路   |
| 57 | 反転回路       |
| 58 | 光変調器       |

【図19】



- |    |           |
|----|-----------|
| 59 | 変調器の透過特性  |
| 60 | デュオバイナリ信号 |

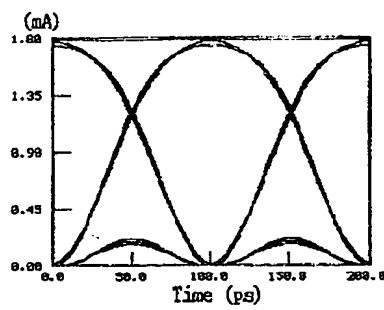
【図31】



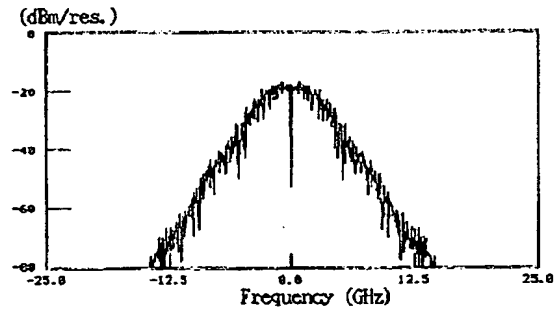
## 7.4 ダイオードと増幅器で構成される回路の入出力特性



【図20】

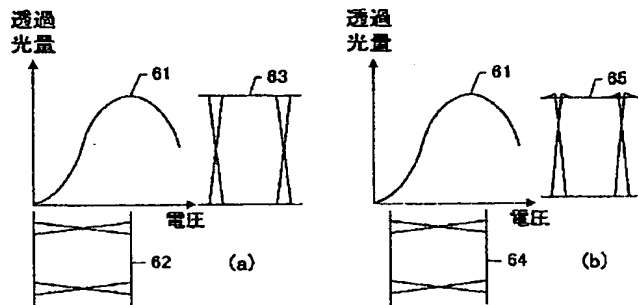


(a)



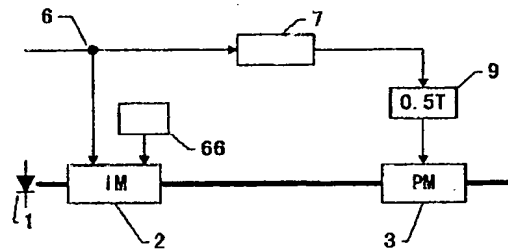
(b)

【図21】



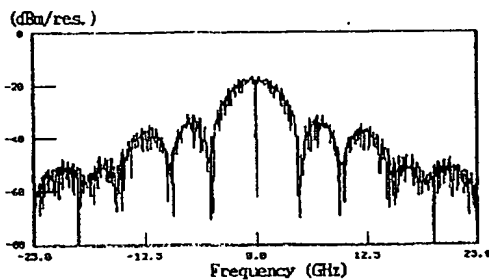
- 61 マッハツェンダ変調器の変調特性特性曲線  
 62、64 入力信号  
 63、65 変調光波形

【図23】

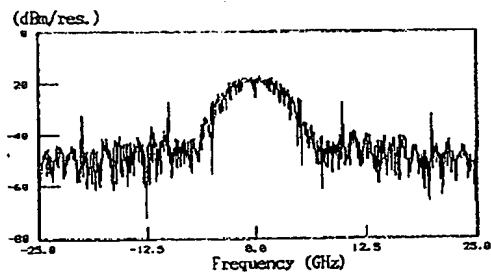


- 1 光源  
 2 光強度変調器  
 3 光位相変調器  
 6 データ信号  
 7 プリコーダ  
 9 0.5ビット遅延器  
 66 バイアス回路

【図22】

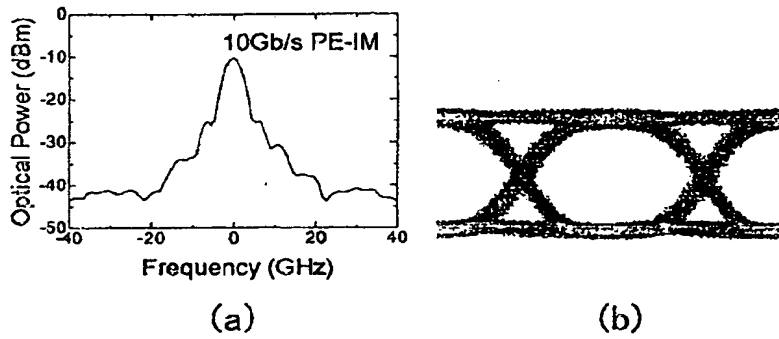


(a)

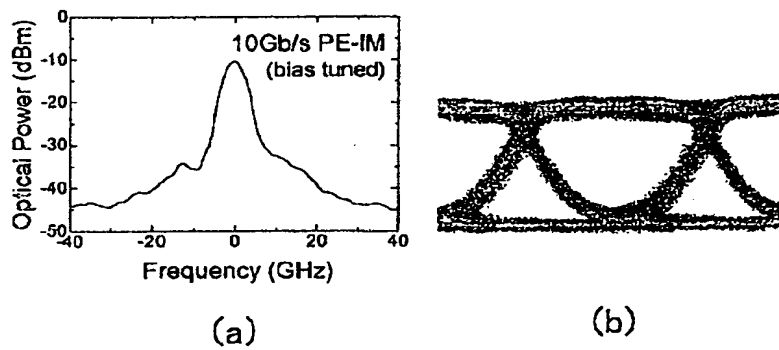


(b)

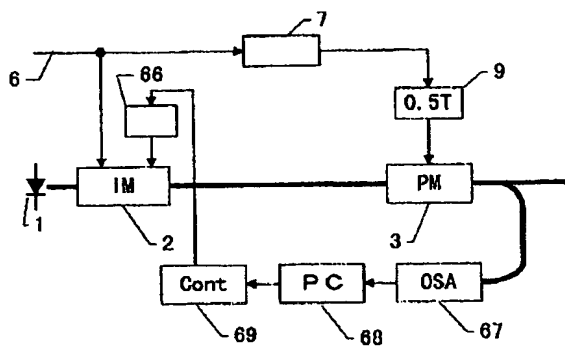
【図24】



【図25】

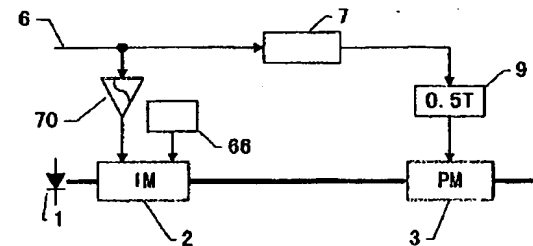


【図26】



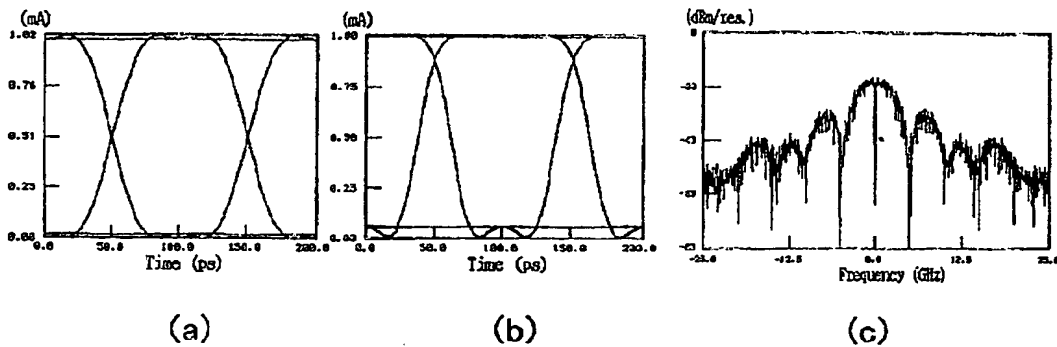
- |          |             |
|----------|-------------|
| 1 光源     | 9 0.5ビット遅延器 |
| 2 光強度変調器 | 66 バイアス回路   |
| 3 光位相変調器 | 67 光スペアナ    |
| 6 データ信号  | 68 コンピュータ   |
| 7 プリコーダ  | 69 制御回路     |

【図27】

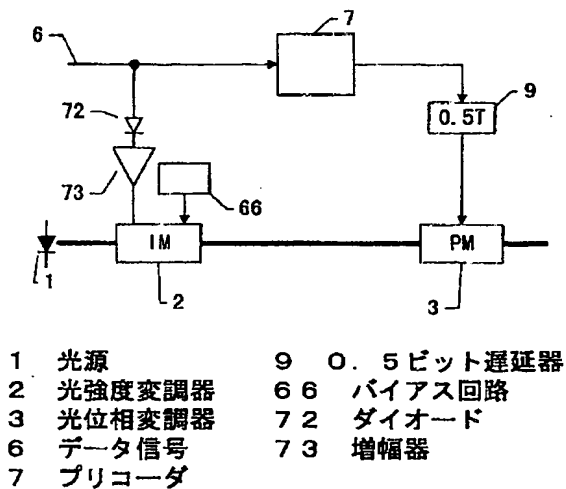


- |          |             |
|----------|-------------|
| 1 光源     | 9 0.5ビット遅延器 |
| 2 光強度変調器 | 66 バイアス回路   |
| 3 光位相変調器 | 70 飽和増幅器    |
| 6 データ信号  |             |
| 7 プリコーダ  |             |

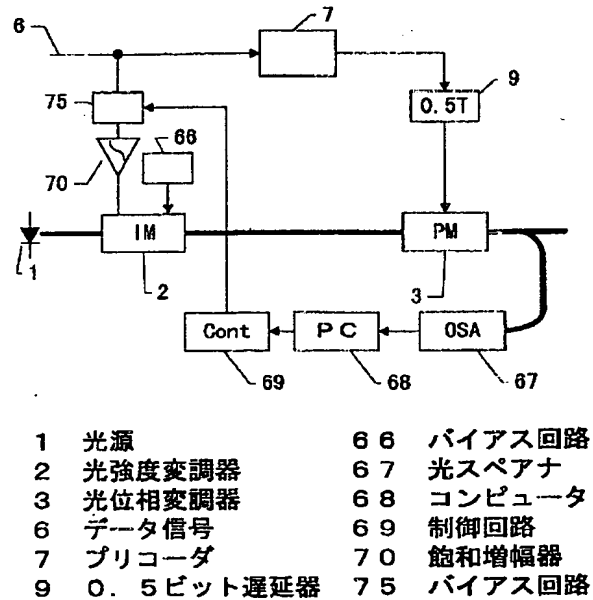
【図29】



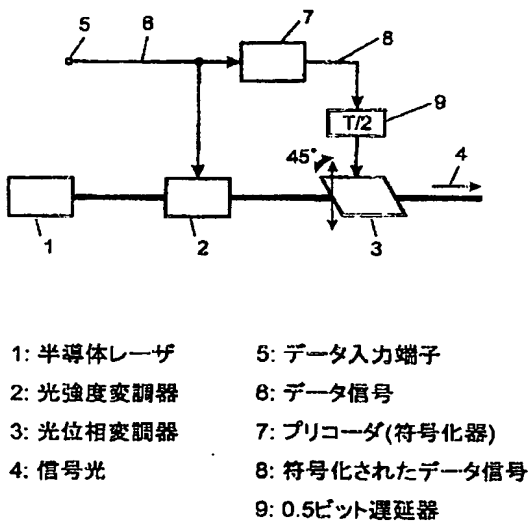
【図30】



【図32】



【図33】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H O 4 B 10/28

10/26

10/14

10/00

H O 4 L 25/497